

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Band: 69 (2011)
Heft: 365

Artikel: Unbeaufsichtigter Betrieb des Observatoriums Vermes : die "ferngesteuerte" Sternwarte
Autor: Wildi, Markus / Zimmermann, Lukas
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-897227>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Unbeaufsichtigter Betrieb des Observatoriums Vermes

Die «ferngesteuerte» Sternwarte

■ Von Markus Wildi & Lukas Zimmermann

Nach fünf Jahren Ausbau und Entwicklung beobachtet das Observatorium in Vermes in den meisten der klaren Nächten unbeaufsichtigt den Himmel. In einer Übersicht werden die dazu notwendigen Software-Komponenten mit dem Schwerpunkt der automatisierten Fokussierung vorgestellt.



Abbildung 1: Eine der ersten Kompositaufnahmen aufgenommen mit den Filtern B, V, R und Halpa von jeweils 5 Minuten Dauer.

Der Ausbau des Observatoriums Vermes für den vorerst ferngesteuerten Betrieb begann im Juli 2005 und eine erste Etappe schlossen wir mit einem Bericht an dieser Stelle ([9]) im Frühjahr 2008 ab. Zu diesem Zeitpunkt war es bereits möglich die gesamte Anlage über das Internet zu steuern und mit der Kamera SBIG STV Bilder mit dem Leitfernrohr aufzunehmen. Im April desselben Jahres installierten wir die CCD Kamera zusammen mit dem Filterrad und dem Fokussierer gefolgt vom Wolken- und Regendetektor im März 2009. Damit waren nach drei Jahren alle Geräte instal-

liert, welche für den unbeaufsichtigten Betrieb notwendig sind.

Die erste Version der Steuerung der Geräte basierte auf INDI (4). Da sich dieses Projekt nicht wünschgemäß entwickelte, schrieben wir die gesamte damals vorhandene Software für RTS2 ([7]) um. Dies bedeutete eine Verzögerung von einem Jahr oder mehr, aber im Frühjahr 2010 nahmen wir den unbeaufsichtigten Betrieb in Vermes auf. Wir verwenden den Ausdruck unbeaufsichtigt, da wir heute unter dem Begriff «autonomer Betrieb» ein System verstehen, welches über eine längere Zeit ohne manuelle Inter-

vention, astro- und photometrisch kalibrierte Bilder von vorbestimmten Objekten liefert.

Von diesem Ziel sind wir noch ein Stück entfernt, verzeichneten wir doch in den drei Jahren den längeren Ausfall der CCD Kamera, des Fokussierers, einen Ölverlust im Getriebe des Kuppelazimutmotors und einen Getriebeschaden des Kuppeltors. Letzterer machte es nötig, dass wir ausser Plan nach Vermes fuhren, um das Tor manuell zu schliessen. Ein während einer unbeaufsichtigten Beobachtung eingetretener 15-minütiger Stromausfall im März 2011 überbrückte die USV Batterie und wie vorgesehen, schloss das Kuppeltor selbsttätig.

Bis auf die erwähnten Vorfälle verlief der Betrieb im vergangenen Jahr frei von Störungen und im vom Wetter verwöhnten April 2011 beobachtete das Observatorium in 26 von 30 Nächten. Dabei entstanden ca. 2000 Aufnahmen, wovon 96 «gut» waren. Gut heisst, dass die Bilder eine astrometrische Kalibration besitzen und das wiederum bedeutet, dass das Objekt auf dem CCD Chip sichtbar und der Kuppelapertur mit dem Teleskop synchronisiert war.

Damit wurde das autonome Observatorium ein Stück realer, gingen wir doch jeweils am nächsten Morgen ausgeschlafen unserer normalen Arbeit nach. Den gegenwärtigen Stand fasst bildlich die in Abb. 1 gezeigte Kompositaufnahme des M 31 am besten zusammen. Die vier Aufnahmen entstanden im vergangenen Februar an einem frühen Abend «einfach nach dem Einschalten» des Observatoriums.

Die Automatisierung bedeutete einen erheblichen Zusatzaufwand, welcher vorerst nichts mit der beobachtenden Astronomie zu tun hatte. Die Vergangenheitsform ist hier teilweise am Platz, sind doch mittlerweile Produkte auf den Markt gekommen, welche die integrierte Steuerung wesentlich erleichtern. So baute unser Nachbar in Vermes, WALTER GROSS ([5]), eine Sirius-Kuppel auf, welche eine funktionierende Synchronisation des Kuppelaperturs bereits im «Lieferumfang» hat. Wir schätzen heute, dass der Aufbau und die Aufnahme des ferngesteuerten Betriebs durch drei motivierte Personen binnen zweier Jahre realisiert werden kann, falls man auf die, im Umfeld von RTS2 entwickelten Software-Komponen-

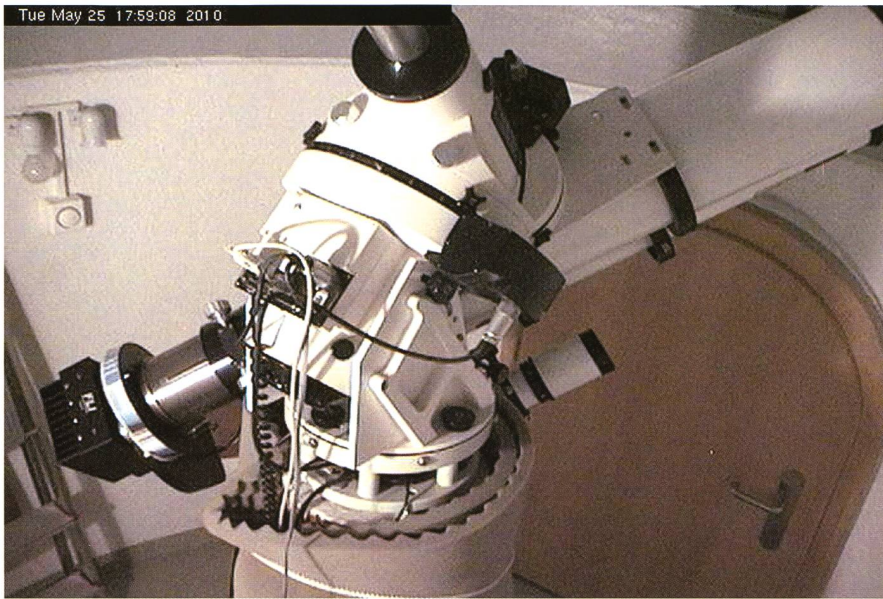


Abbildung 2: Die Montierung im Testbetrieb beim Versuch die Parkposition zu erreichen. Die Bildunschärfe rührt von der etwas minderen Bildqualität der überwachenden Webcam. (Foto: Webcam)

ten, als ganzes oder in Teilen zurückgreift. RTS2 unterstützt heute viele LX200 Protokoll kompatible Montierungen, CCD Kameras und Fokussierer.

Der Zusatzaufwand entfaltet aber seine positiven Effekte im Betrieb, denn die entwickelten Programme und Vorgehensweisen werden mit der Zeit zuverlässiger. Damit kann das Observatorium, auch nach einem längeren, Wetter bedingten Unterbruch, rasch und sicher in Betrieb genommen werden.

In den folgenden Abschnitten möchten wir einige Besonderheiten vorstellen, welche für den unbeaufsichtigten Betrieb notwendig sind. Wir können an dieser Stelle keine Einführung in die Konfiguration und Bedienung von RTS2 geben, da diese den Rahmen des Artikels sprengen würde. Eine vollständige Beschreibung findet sich auf unserer Homepage ([8]).

Steuerung und astrometrische Kalibration

Seit dem wir die Geräte installiert hatten, sind wir im Durchschnitt noch alle zwei bis vier Monate vor Ort und so entwickelten und testeten wir die Software zur Steuerung ebenfalls über das Internet. Kritisch war dies nur für die bewegten Teile, wie das Teleskop oder den Antrieb des Kuppeltors. Abb. 2 zeigt, dass im Testbetrieb auch un-

gemütliche Situationen entstanden. Die Astro-Physics AP GTO 1200 Montierung ist zuverlässig hat aber einige Eigenschaften, welche den unbeaufsichtigten Betrieb erschweren. Bricht man die Bewegung während des Umschlagens ab, so verliert der Controller die Information, ob sich das Teleskop östlich oder westlich der Säule befindet, oder genauer ausgedrückt, ob die Deklinations- mit der optischen Achse den Winkel plus oder minus 90° einschliesst. Das bedeutet normalerweise, dass der nächste GoTo-Befehl gespiegelt ausgeführt wird, was prompt in einer Kollision mit der Säule endet.

Der Controller verhindert zwar, dass man ein Objekt mit Koordinaten unter dem Horizont oder in der Nähe des Zenits einstellt, kontrolliert dies aber während der Nachführung nicht mehr. Ist die Beobachtung in der Nacht, dann führt die Montierung das Teleskop bis zur Kollision nach. Ferner «verschluckt» sich die Version D des Controllers beim Zählen der Lokalzeit. Dies führt dazu, dass im Dauerbetrieb eine Abweichung von vier Minuten pro Tag entsteht und damit auch die eingestellte von der Sollposition zunehmend abweicht.

Der Wolken- und Regendetektor ist der unerlässliche Teil der Steuerung. Der Regendetektor überzeugt durch ein rasches Ansprechen auf einen kleinen Tropfen Wasser. Dies hatte anfänglich zur Folge, dass

Tau, welcher sich in der Nacht normalerweise bildet, die Schliessung des Tors bewirkte.

Die Detektion der Wolken ist etwas schwieriger, da die gemessene absolute Himmelstemperatur nicht in allen Jahreszeiten einen klaren Himmel bedeutet. So kann es sein, dass im Sommer z.B. -10° C einen offenen Himmel bedeuten, während im Winter ein Schneesturm toben könnte. Was hingegen gut gelingt, ist die relative Messung im Verlaufe einer oder mehrerer Nächte. Diese Information genügt im Allgemeinen für einen sicheren Betrieb. Wir hatten bisher keinen Fall, bei welchem der Regen- vor dem Wolkendetektor angesprochen hätte.

Für die astrometrische Kalibration verwenden wir Astrometry.Net ([1]). Diese Open Source Software kann man als Web-Dienst einfach ausprobieren oder man installiert sie lokal.

Astrometry.Net ist sehr zuverlässig, sei dies für sehr kleine oder grosse Himmelsausschnitte, wie man sie mit einem 50 mm Normalobjektiv aufnimmt. Die Kalibration erfolgt in einfachen Fällen in wenigen Sekunden, kann aber auch länger dauern, wenn der Ausschnitt sehr klein ist. Die astrometrische Kalibration erfüllt während des Betriebs zwei Funktionen. Kann während der Nacht eine gewisse Zeit lang das Zentrum der Aufnahmen nicht bestimmt werden, dann liegt eine Fehlfunktion vor oder einfacher, es sind Wolken aufgezogen, welche vom Wolkendetektor nicht erfasst wurden. War die Bestimmung des Zentrums der Aufnahme erfolgreich und stimmt diese in gewissen Grenzen mit den eingestellten Koordinaten des Teleskops überein, dann werden diese Werte als Korrekturen der Steuerung der Montierung übergeben.

Fokussierung und Integration in RTS2

Steht man neben dem Teleskop, dann ist Fokussieren ein interaktiver Vorgang, welcher meist schnell erledigt ist. Da unser ADSL-Anschluss eine Upload-Kapazität von 25 kB/s hat, war dies nie eine Option für den normalen Betrieb. Zudem zeigten Versuche, den Fokus mit einem einzelnen Stern zu finden, dass das Ergebnis nicht repräsentativ für den gesamten CCD Chip und die Durchführung zeitrau-

Die hier vorgestellte automatisierte Fokussierung basiert auf einer Serie von 10 bis 20 Aufnahmen. Die Position der Kamera wird entlang der optischen Achse jeweils geringfügig verschoben und dabei ändern sich der Durchmesser der Sternabbildungen und deren maximale Helligkeiten. Der Durchmesser wird an einem Punkt minimal und die Helligkeit in dessen Nähe maximal. Damit das Ergebnis zuverlässig den Fokus repräsentiert, müssen viele Sterne, d.h. ca. 10 oder mehr, in die Analyse einbezogen werden.

Für die Bestimmung der Durchmesser und der Helligkeiten griffen wir auf SExtractor ([2]) und für das Fitten der Verteilungen auf das CERN Paket root ([3]) zurück. Als sehr hilfreich bei der visuellen Prüfung der Ergebnisse stellte sich Programm DS9 ([6]) heraus.

Die Wahl fiel auf diese Pakete, da sie als Open Source publiziert, damit frei zugänglich und in der Forschung weit verbreitet sind.

SExtractor charakterisiert ein Objekt mit zahlreichen Parametern. So lassen sich runde Sterne leicht, z.B. über die Elliptizität, von ausgedehnten Objekten unterscheiden. SExtractor kann die Resultate zweier Bilder miteinander vergleichen und so erhält man eine Liste der Objekte, welche auf beiden bzw. auf allen Bildern vorhanden sind. Dies ist für die Bestimmung des Fokus mit Hilfe der Sterndurchmesser nicht nötig. Möchte man die maximale Helligkeit bestimmen, dann muss man dieselben Objekte auf allen Bildern identifizieren. Denn fehlen Objekte bei einer bestimmten Fokusposition, dann wäre die Summe der maximalen Helligkeiten geringer und somit das Resultat verfälscht.

Nach einigen Versuchen stellte sich für das Fitten der Sterndurchmesser ein Polynom 3. Grades als die beste Wahl heraus. Dies darum, weil die Sternabbildungen über das ganze Feld betrachtet keineswegs rund sind und die Kurve eine Asymmetrie bezüglich der Extrema aufweist. Die Funktion für die maximale Helligkeit ist eine kompliziertere Funktion, welche vom Sterndurchmesser abhängt. Obwohl die beiden Fits unabhängig von einander durchgeführt werden, stimmen die Ergebnisse, wie das zu erwarten ist, meist innerhalb der Auflösung überein. In Abb. 3 wurden 44 Objekte in die Analyse einbezogen. Jeder blaue Punkte

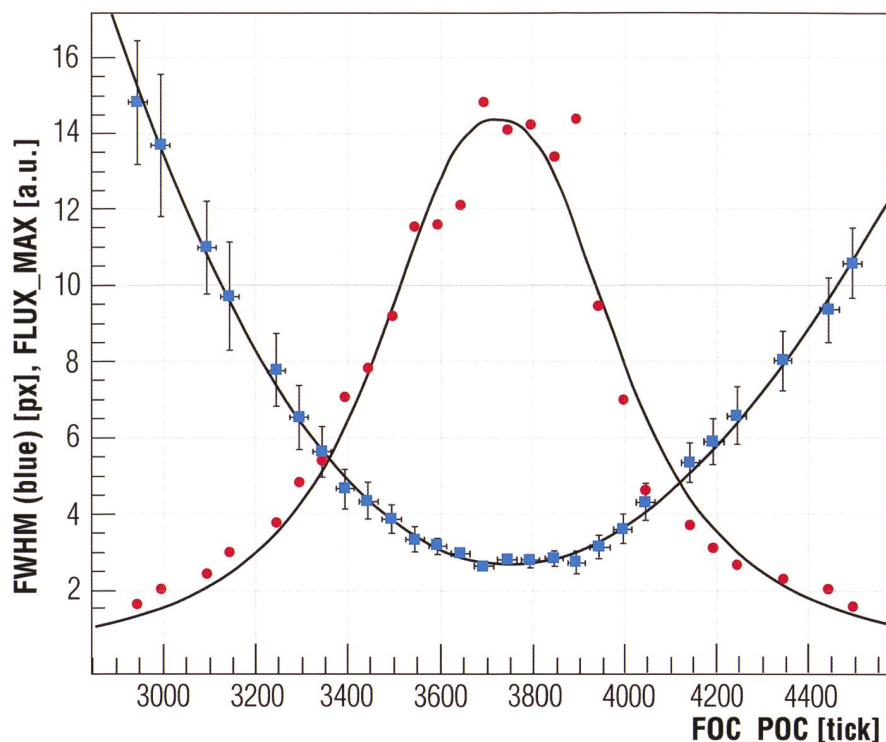


Abbildung 3: Fit einer Serie von 27 Fokus-Aufnahmen. Jedes Punktepaar repräsentiert eine Aufnahme. Die blauen Punkte stellen den Mittelwert der Sterndurchmesser und die roten die kumulierte maximale Helligkeit dar. Zum Mittelwert trugen jeweils 44 Objekte bei. Das Minimum der blauen Punkt entspricht einem Sterndurchmesser von 2.8 Pixel oder 4".

stellt den Mittelwert der Sterndurchmesser einer Aufnahme dar, die roten die summierten maximalen Helligkeiten und die schwarzen Kurven sind die beiden Fits.

Aus der Abb. 3 lassen sich gleich mehrere Schlüsse für die Praxis ziehen. Die Änderung des Sterndurchmessers ist im Bereich von 3650 bis 3850 sehr gering und die maximale Helligkeit schwankt beträchtlich, obwohl die Aufnahmedauer 20 Sekunden betrug. Das heisst; misst man interaktiv in diesem Bereich, so wäre die Bestimmung des Fokus mittels der maximalen Helligkeit empfindlicher, da sie stärker variiert.

Allerdings machen die Schwankungen, verursacht durch die Szintillation oder Transparenz der Atmosphäre, diesen Vorteil teilweise wieder zu nichte. Normalerweise sind die Schwankungen deutlich kleiner als in Abb. 3 gezeigt, sodass die beiden Foci innerhalb der Auflösung des Fokussierers, welche ca. 50 Ticks oder 63 μm beträgt, übereinstimmen.

Das hier vorgestellte Verfahren ist robust, da die Analyse mindestens 1015 Bilder umfasst und über eine grössere Anzahl von Objekten mit-

telt. Es sei allerdings nicht verschwiegen, dass der Fit in seltenen Fällen nicht konvergiert und die Messung wiederholt werden muss. Nachdem eine Aufnahme im Dateisystem gespeichert ist, beginnt sofort die Rohbildanalyse. Dazu gehört die Bestimmung des mittleren Sterndurchmessers. Überschreitet dieser den Wert von z.B. 5", so wird eine erneute Messung des Fokus in die Warteschlange von RTS2 eingereiht. Unmittelbar nachdem die laufende Belichtung endet, startet die Messung des Fokus und dauert etwas mehr als sechs Minuten. Es ist zu bemerken, dass der grösste Teil der Zeit für das Auslesen, in der jetzigen Konfiguration sind das 8 Sekunden pro Bild, und für die Verstellung der Fokusposition benötigt werden. Die Analyse und die Fits dauern auf einem Intel Core2Duo ca. 10 Sekunden.

Diese 6 Minuten mögen kurz erscheinen. Allerdings zeigte es sich, dass ein Temperaturabfall von typischerweise 10 Grad während der Nacht eine beträchtliche Änderung der Fokusposition bedeutet. Die Sterndurchmesser nehmen um den Faktor 2 bis 3 zu, was ein häufiges Refokussieren nach sich zieht. Was

lag also näher, als die Fokusposition als Funktion der Temperatur und deren Reproduzierbarkeit zu untersuchen.

Temperaturmodell

Im Verlaufe der letzten 14 Monate führten wir, oder entstanden als Teil des regulären Betriebs, 233 Messungen der Fokusposition in einem Temperaturbereich von -5° $+20^{\circ}$ C durch. Für die folgende Analyse wurden über 4600 einzelne Bilder ausgewertet deren Ergebnis als Funktion der Kuppelinnentemperatur in Abb. 4 dargestellt ist. Um die Plausibilität zu prüfen, führten wir dieselbe Auswertung auch für die Aussentemperatur durch. Da die Temperaturdifferenz während der Nacht variiert, ist die Korrelation schlechter.

Damit eine Messung in Abb. 4 enthalten ist, musste sie gewissen Mindestkriterien genügen. So sollte z.B. über mehr als 25 Objekte gemittelt werden oder der gefitete Sterndurchmesser durfte nicht grösser als 4 Pixel sein. Unter diesen Bedingungen blieben 73 Messpunkte übrig. Betrachtet man den Bereich des Minimums in Abb. 3, dann sieht man, dass der Sterndurchmesser im Intervall 100 Ticks unwesentlich variiert. Die Verteilung der relativen Abweichung der Fokusposition in Abb. 4 rechts zeigt, dass die Breite auf halber Höhe in derselben Grösse ist. Damit konnten wir zeigen, dass die reduzierten Fokuspositionen über den Zeitraum von sechs Monaten stabil blieben und

Literatur

- [1] BARRON, J., D. W. HOGG, D. LANG, K. MIERLE, S. ROWEIS und C. STUMM: Astrometry.net. <http://astrometry.net>.
- [2] BERTIN, E. und S. A. RINDOOTS: SExtractor: Software for source extraction. Astronomy and Astrophysics Supplement, 117:393–404, Juni 1996.
- [3] BRUN, R. und F. RADEMAKERS: <http://root.cern.ch>
- [4] DOWNEY E. C. und J. MUTLAQ: <http://indi.sourceforge.net>
- [5] GROSS, W.: <http://astrofire.astropedia.ch>
- [6] JOYE, W. A., MANDEL, E.: <http://hea-www.harvard.edu/RD/ds9>
- [7] KUBANEK, P.: <http://rts-2.sourceforge.net>
- [8] WILDI, M. und L. ZIMMERMANN: <https://azug.minpet.unibas.ch/wiki/obsvermes/index.php>
- [9] WILDI, M. und L. ZIMMERMANN: Fernsteuerung des Observatoriums Vermes. Orion, Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft, SAG, 346:8–11, August 2008

dass über die Temperatur die absolute Fokusposition mit genügender Genauigkeit eingestellt werden kann. Die Ergänzung der Software mit diesem Modell war bei Redaktionsschluss noch nicht fertig, so dass wir an dieser Stelle auf unsere Homepage verweisen.

Zusammenfassung und Ausblick

Ging in den letzten fünf Jahren unsere Engagement fast vollständig in den Ausbau des Observatoriums und in die Entwicklung der Steuerung, so stehen wir heute an der Schwelle, Beobachtungen wirklich durchzuführen. Der Betrieb erwies sich im letzten Jahr, bis auf die Schäden an den Geräten, als sehr zuverlässig und seit Ende Januar war das Observatorium in jeder Nacht in Betrieb, welche dies einigermassen zuliess.

Mit den heute bestehenden und hier teilweise vorgestellten Komponenten ist der unbeaufsichtigte Betrieb eines Observatoriums auch mit den Mitteln, welche einer kleinen Gruppe von engagierten Amateuren zur Verfügung stehen, möglich. Der unbeaufsichtigte Betrieb entlastet die Beobachter, welche sich nun vermehrt dem Beobachtungsprogramm und der Auswertung der Aufnahmen zuwenden können.

Der Aufwand für die Realisierung ist, dank einfacher zu integrierenden Produkte und der hier vorgestellten unter GNU Public Licence stehenden Open Source Software RTS2 erheblich gesunken.

■ **Markus Wildi & Lukas Zimmermann**
 Drahtzugstrasse 46
 CH-4057 Basel
wildi.markus@bluewin.ch

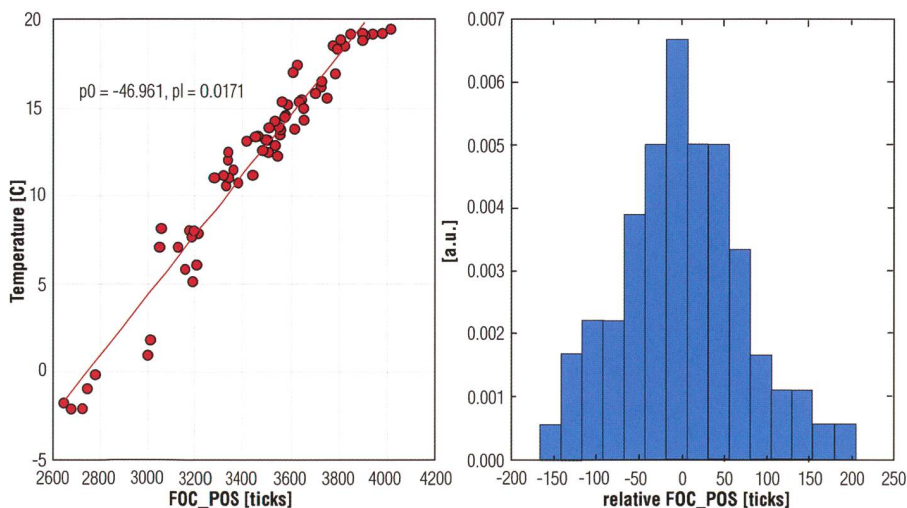


Abbildung 4: Ausgleichsrechnung für 73 separate Fokusmessungen in der Zeit vom 1. Dezember 2010 bis 31. Mai 2011.

Wo liegt Vermes?

Vermes ist eine kleine Gemeinde mit aktuell 329 Einwohnern und einer Fläche von 18.32 km². Sie liegt auf 566 m ü. M. und 12 km ost-südöstlich von Delémont im Jura, am Nordfuss des Mont Raimeux. Das Observatorium in Vermes gibt es seit 2000. Das Ziel war von Anfang an die weitestgehende Automatisierung der Beobachtung und der Auswertung. Eine weitere Vorgabe ist die sichere Ansteuerung des Observatoriums über das Internet. (tba)